

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ БЕЗКАБЕЛЬНОГО  
КОНТРОЛЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ МАШИНИ****Поляшенко С.О., Єсіпов О.В., Манойло В.М., Шушляпін С.В.***Харківський національний технічний університет сільського господарства імені  
Петра Василенка***Дмитренко О.А.***Харківський державний автомобільно-дорожній коледж*

*Існуючі системи контролю розроблялися стосовно певної машини і тому не мають універсальність. Недоліком існуючих систем контролю є використання в схемі елементів, що володіють малим ресурсом роботи. Контроль швидкості потоку робочої середої дозволяє підняти коефіцієнт технологічної надійності, а також фактор поліпшення якості технологічного процесу. Тому розробка методу багатоточечного безкабельного контролю і сигналізації є актуальним завданням. Розроблена принципова структурна і електрична схема системи автоматичного контролю, яка може бути реалізована як за допомогою радіоканалу зв'язку «Центральний пульт управління - датчики», так і використанням мережі електроживлення «маса-провід живлення». Електрична схема системи контролю може бути конструктивно реалізована у вигляді однієї окремої ідентичної приставки до кожного датчика і загальної приставки до ЦПУ. Перша містить приймач, виконаний у вигляді окремого блоку, який підключений до вимірювального перетворювача ВП (датчика). Число таких приймачів дорівнює числу датчиків. Конструкція і схема приймачів ідентичні. Приймач налаштований на частоту  $f_1$ , а передавач -  $f_2$ . Принцип дії системи полягає в наступному. Система працює циклічно. Цикл складається з послідовності посилок  $n$  радіоімпульсів (їх число дорівнює числу датчиків) і часу установки схеми в початковий стан. Синхронізатор, регульований таймером, управляє роботою генератора,  $f_1$  шифратора, приймача та схемою скидання. Через один імпульс таймера, генератором  $f_1$  надсилається радіоімпульс на магістраль. Перший посланий імпульс сприймається дешифратором першого датчика, другий - дешифратором 2-го і т.д. Вихідний імпульс кожного дешифратора опитує тригер стану свого датчика і в разі граничного значення параметра запускає генератор передавача  $f_2$ , який генерує радіоімпульс на магістраль. З магістралі радіоімпульс сприймається приймачем  $f_2$ , детектується і подається на входи тригерів сигнальної панелі, другі входи яких підключені до виходів шифратора на регістрах. Радіоімпульс, посланий з інформацією про порушення режиму, висвічується за допомогою строго відповідного тригера на сигнальній панелі. Відповідний радіоімпульс  $f_2$  надходить на магістраль, якщо є несправність, слідом за посланим. Якщо всі тригери показують порушення режиму, то радіоімпульси запиту і відповіді будуть чергуватися через один, і всі світлодіоди будуть мигати. Після закінчення опитування всіх датчиків, кілька тактів таймера віділяється синхронізатором на установку схеми в початковий стан. Потім цикл повторюється знову. Визначено раціональна смуга пропускання системи для радіоімпульсів, що забезпечує максимум відносини сигнал/шум. Визначено часові параметри і характеристики системи.*

## **Вступ**

В даний час, при збільшених робочих швидкостях і ускладненні конструкції машин, останні оснащені технічними засобами, що дозволяють автоматично контролювати режим роботи машини в цілому, технічний стан окремих вузлів, попереджати їх поломки, перевантаження і т.п. Наявність контрольно-вимірвальних приладів - одна з умов безпечної та надійної роботи сільськогосподарських машин. Ефективність їх використання підвищується при об'єднанні їх з системами сигналізації.

## **Аналіз публікацій**

Останнім часом розроблені системи автоматичного контролю, призначені для різних сільськогосподарських машин [1], [2]. Недоліком існуючих систем контролю є використання в схемі елементів, що володіють малим ресурсом роботи (мікроперемикачі, лампочки розжарювання, кнопки). Також існуючі системи контролю розроблялися стосовно певної машини і тому не мають універсальність.

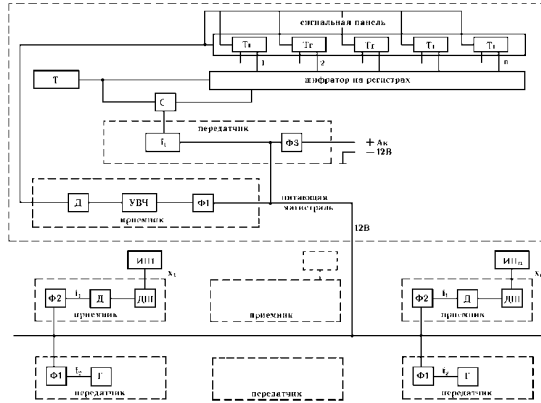
## **Постановка питання**

Так що доводиться дистанційно отримувати інформацію про багатьох параметрах машин, тобто здійснювати багатоточечний контроль, і число контрольованих параметрів має тенденцію зростання, то відповідно зростає і число проводів в кабельних лініях зв'язку. Багатопроводні кабелі зазвичай є багатожгутовими, що ускладнює їх монтаж на машині; знижує функціональну надійність за рахунок великого числа контактних з'єднань і взаємного перешкодового впливу; ускладнює визначення місць пошкоджень і відновлення при розриві. Контроль швидкості потоку робочого середовища дозволить не тільки підняти коефіцієнт технологічної надійності, що є фактором поліпшення якості технологічного процесу, а й дозволить краще і швидше вийти на нормальний режим роботи самої машини. Це виражається в тому, що, стежачи за стабільною швидкістю руху потоку робочого середовища, можна стабілізувати і саму швидкість технологічного процесу, контролюючи, таким чином, найбільш оптимальний цикл технологічного процесу. Тому розробка методу багатоточечного безкабельного контролю і сигналізації є актуальним завданням.

## **Рішення завдання**

В якості блокової схеми виберемо схему рис. 1. Схема містить дві приставки: одну до датчика, а іншу - до центрального пульта управління (ЦПУ).

Перша містить приймач, виконаний у вигляді окремого блоку, який підключений до вимірального перетворювача  $VII$  (датчика). Число таких приймачів дорівнює числу датчиків. Конструкція і схема приймачів ідентичні. Приймач налаштований на частоту  $f_1$ , а передавач -  $f_2$ .



**Рис.1. Блок-схема системи контролю**

Вони підключені до живильної магістралі через розв'язуючі фільтри  $\Phi_1$   $\Phi_2$ . Вихід детектора  $D$  приймача підключений до дешифратора  $ДШ$ , а дешифратор до тригера  $ІІІ$ , що характеризує режим датчика в момент опитування. Залежно від стану тригера (0 або 1) на магістраль не надходить або надходить радіоімпульс з частотою заповнення  $f_2$  з генератора  $G$ .

Друга приставка (приставка до ЦПУ) випромінює  $G$  ( $f_1$ ), таймер  $T$ , синхронізатор  $C$ , шифратор на регістрах і тригерну пам'ять управління сигнальної панеллю ЦПУ, а також приймач. Приймач налаштований на частоту  $f_1$  і приймає інформацію послідовно від кожного датчика. Він складається з фільтра  $\Phi_1$ , підсилювача високої частоти  $УВЧ$  і детектора  $D$ .

Принцип дії системи полягає в наступному. Система працює циклічно. Цикл складається з послідовності посилок радіоімпульсів (їх число дорівнює числу датчиків) і часу установки схеми в початковий стан. Синхронізатор  $C$ , регульований таймером  $T$ , управляє роботою генератора  $G$ ,  $f_1$  шифратора, приймача  $ІІІ$  та схемою скидання. Через один імпульс таймера, генератором  $f_1$  надсилається радіоімпульс на магістраль. Перший посланий імпульс сприймається дешифратором першого датчика, другий - дешифратором 2-го і т.д. Вихідний імпульс кожного дешифратора опитує тригер стану свого датчика  $ІІІ$  і в разі граничного значення параметра запускає генератор передавача  $f_2$ , який генерує радіоімпульс на магістраль. З магістралі радіоімпульс сприймається приймачем  $f_2$ , детектується і подається на входи тригерів сигнальної панелі, другі входи яких підключені до виходів шифратора на регістрах. Таким чином, радіоімпульс, посланий з інформацією про порушення режиму, висвічується за допомогою строго відповідного тригера на сигнальній панелі. Відповідний радіоімпульс  $f_2$  надходить на магістраль, якщо є несправність, слідом за посланим. Якщо всі  $ІІІ$  показують порушення режиму, то радіоімпульси запити і відповіді будуть чергуватися через один, і всі світлодіоди будуть мигати. Після закінчення опитування всіх датчиків, кілька тактів таймера виділяється синхронізатором на установочну схему в початковий стан. Потім цикл повторюється знову.

Як опитувальних і відповідних сигналів використовуємо огинають радіоімпульсів двох радіочастот  $f_1$  і  $f_2$ . Значення частот обрані  $f_1 = 27$  МГц і  $f_2 = 45$  МГц в зв'язку з малими втратами на випромінювання в ультракороткохвильовому діапазоні. З тим, щоб забезпечити достатню стійкість радіочастотного тракту системи контролю та не допустити

суттєвого викривлення обвідної радіоімпульсів, необхідно визначити оптимальну смугу пропускання радіочастотного тракту.

Для цього огибаючу радіосигналу, що діє на вході системи, або, що те ж саме, амплітуду напруги згідно розкладу Фур'є представимо у вигляді:

$$U_m(t) = \frac{E}{2} + \frac{2E}{\pi} \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{\sin(2\nu+1)\Omega t}{2\nu+1}.$$

Тоді миттєві значення напруги на вході визначаються виразом

$$U(t) = U_m(t) \sin \omega_p t = \frac{E \sin \omega_p t}{2} - \frac{2E}{\pi} \sin \omega_p t \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{\sin(2\nu+1)\Omega t}{2\nu+1}. \quad (1)$$

Користуючись співвідношенням

$$\sin \alpha \sin \beta = 0,5 [\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)],$$

легко уявити отриманий вираз у вигляді суми гармонійних складових

$$U(t) = \frac{E}{2} \sin \omega_p t + \frac{E}{\pi} \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{\cos[\omega_p - (2\nu+1)\Omega]t}{2\nu+1} - \frac{E}{\pi} \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{\cos[\omega_p + (2\nu+1)\Omega]t}{2\nu+1} \quad (2)$$

Як видно з (2), спектр коливань (рис. 2) складається зі складових несучої частоти  $\omega_p$  з амплітудою  $E/2$ , нижніх і верхніх бічних складових. Куткові частоти останніх рівні  $\omega_p + \Omega$ ,  $\omega_p + 3\Omega$  і т.д., а амплітуди обернено пропорційні номеру складової  $(2\nu+1)$ .

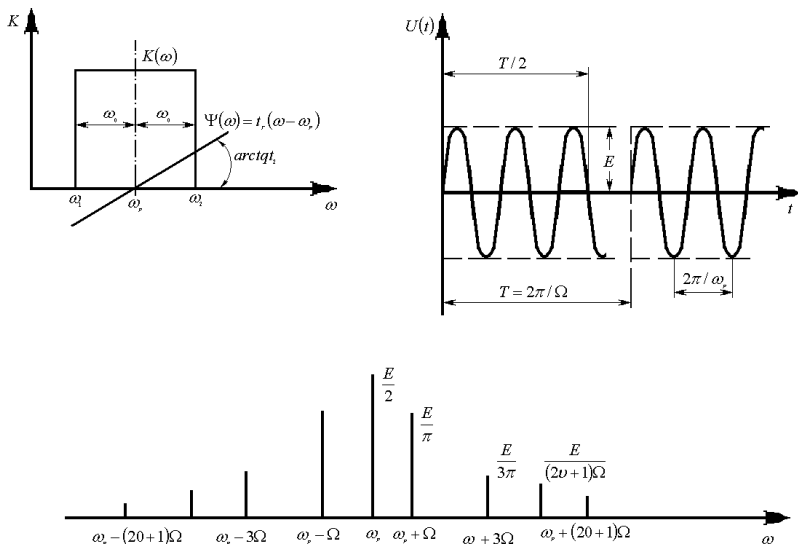


Рис.2. До пояснення спектра радіоімпульсів

Амплітуди нижніх бічних складових також зменшуються зі збільшенням свого номера  $(2\nu+1)$ . Однак особливість нижніх бічних складових полягає в тому, що при

$(2\nu + 1) = \omega_p / 2$  частота виявляється рівною нулю і отже, складові, номери яких  $(2\nu + 1) = \omega_p / \Omega$ , мають негативні частоти, вже ростуть по абсолютній величині зі збільшенням номера. З огляду на, що амплітуди складових з негативними частотами зазвичай малі, нехтуємо ними і вважаємо спектр радіосигналу симетричним щодо несучої частоти.

Напряга на виході системи дорівнює

$$U_2(t) = \frac{E}{2} k_0 \sin \omega_p t + \frac{Ek_0}{\pi} \sum_{\nu=0}^{\nu=m} m \frac{\cos \left\{ \left[ \omega_p - (2\nu + 1)\Omega \right] t + t_r (2\nu + 1) \right\} \Omega}{2\nu + 1} - \\ - \frac{Ek_0}{\pi} \sum_{\nu=0}^{\nu=m} m \frac{\cos \left\{ \left[ \omega_p + (2\nu + 1)\Omega \right] t - t_r (2\nu + 1) \right\} \Omega}{2\nu + 1} \quad (3)$$

де  $\nu_m$  визначається вищим номером  $2\nu_m + 1$  бічних складових, ще пропускаються системою, і може бути знайдено з умови

$$(2\nu_m + 1)\Omega < \omega_2 - \omega_p = \omega_p - \omega_1; \\ m = 0,5 \left( \frac{\omega_2 - \omega_p}{\Omega} - 1 \right) \approx \frac{\omega_2 - \omega_p}{2\Omega} = \frac{\omega_p - \omega_1}{2\Omega} = \frac{\omega_0}{2\Omega}$$

формулу (3) представимо в наступному вигляді:

$$U_2(t) = \left\{ \frac{Ek_0}{2} + \frac{2Ek_0}{\pi} \sum_{\nu=0}^{\nu=m} m \frac{\sin(2\nu + 1)\Omega(t - t_r)}{2\nu + 1} \right\} \sin \omega_p t = U_{2m} \sin \omega_p t \quad (4)$$

З (4) випливає, що амплітуда сигналу встановлюється не миттєво, а з кінцевою швидкістю. Максимальне значення швидкості дорівнює

$$\left( \frac{dU_{2m}}{dt} \right)_{\max} = \frac{2Ek_0\Omega}{\pi} \nu_m = \frac{Ek_0\omega_0}{\pi},$$

тобто воно пропорційно смузі пропускання. Тривалість наростання амплітуди

$$\delta_0 = \frac{Ek_0}{\left( \frac{dU_{2m}}{dt} \right)_{\max}} = \frac{\pi}{\omega_0} = \frac{1}{2f_0} = \frac{1}{\Delta f},$$

де  $\Delta f = 2f_0$  - смуга пропускання, виміряна в герцах.

Що стосується запізнювання фронту, то, відрховуючи його по моменту, відповідного середині фронту, знаходимо, що воно дорівнює крутизни фазової характеристики  $t_r$ .

При зміні смуги пропускання в реальних контурах одночасно змінюється і крутизна фазової характеристики. Внаслідок цього зміна смуги пропускання викликає не тільки зміну часу наростання, а й часу запізнювання.

У разі вузької смуги пропускання за час дії імпульсу на вході, напряга на виході не встигає досягти стаціонарного значення, рівного  $Ek$ . При цьому імпульс має форму, близьку до трапецієдальної, а амплітуда його  $U_{2m}$  дорівнює добутку швидкості наростання напруги  $\left( dU_2 / dt \right)_{\max} = Ek\Delta f$  на тривалість  $\tau$  впливаючого імпульсу, тобто дорівнює

$$U_{2m} = Ek \tau \Delta f .$$

Таким чином, в цьому випадку амплітуда імпульсу зростає пропорційно ширині смуги пропускання, а отже, відношення сигналу до перешкоди

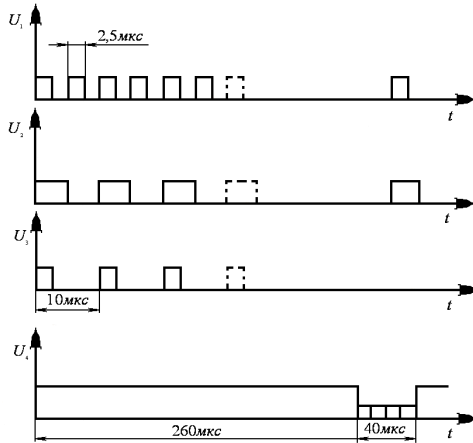
$$\frac{U_{2m}}{U_{ном}} = \frac{Ek \tau \Delta f}{A \sqrt{\Delta f}} = \frac{Ek \tau}{A} \sqrt{\Delta f}$$

зростає пропорційно кореню квадратному з ширини смуги пропускання. Тут  $A$  позначає коефіцієнт пропорційності. Ясно, що в цьому випадку збільшення смуги пропускання доцільно. При збільшенні смуги приходимо до випадку, коли напруга на виході якраз встигне зрости до стаціонарного значення. Очевидно, ця смуга  $\Delta f = 1/\tau$ . Подальше збільшення смуги пропускання вже не дасть збільшення амплітуди імпульсу на виході системи, а тому призведе до зменшення відношення сигналу до перешкоди. Однак тривалість наростання напруги фактично приблизно вдвічі перевищує величину  $1/\Delta f$ .

Таким чином, максимальне відношення сигналу до перешкоди буде при смузі пропускання  $\Delta f_{опт}$  дорівнює  $2/\tau$  яка і є оптимальною з точки зору отримання максимуму відношення сигналу до перешкоди. Іноді на нестабільність роботи генератора додають ще 1 МГц.

Найбільш простий варіант електричної схеми, що реалізує розроблену систему контролю описаний далі. Радіоімпульси, що надходять на магістраль з частотою 27 МГц, проходять через Т-подібний L-C фільтр, детектується детектором VD2, C4. Імпульс напруги, відповідної обвідної радіоімпульсу, знімає з навантаження  $R_3$  підсилювача на тріоді VT1 і надходить на лічильник, виконаний на мікросхемах ДД1, ДД2. Дешифратор лічильника встановлений на число, що відповідає номеру контрольованого параметра (номера датчика). Код числа надходить на вхід мікросхеми ДД4. До наступного входу цієї мікросхеми підключений тригер стану контрольованого датчика. Якщо параметр вийшов за «норму», то на тригері буде одиниця і на виході мікросхеми ДД5 з'явиться імпульс напруги, який викликає генерацію радіоімпульсу частоти 45 МГц генератором на тріоді VT2, який надходить на магістраль через Т-подібний L-C-фільтр.

На центральний пульт управління (ЦПУ) радіоімпульс частоти 45 МГц надійде на вхід резонансного підсилювача на тріоді VT2 налаштованого на частоту 45 МГц, а з виходу останнього на детектор на діоді VD1, C1. Далі імпульс обвідної надходить через підсилювач VT3 на входи всіх тригерів ДД1 ... ДД<sub>n</sub> сигнальної панелі (рис. 2). Однак на нього реагує тільки тригер, на вході якого в даний момент присутній код, що надійшов з шифратора на регістрах: ДД4 - ДД6, тобто цей імпульс викликає світіння індикатора «свого» каналу. Тобто відповідь на 1-й імпульс слід після першої «посилки» (рис. 3) радіоімпульса 27 МГц генератора, виконаного на тріоді Т1. Останній, як і шифратор на регістрах управляється спеціальною схемою, що складається з таймера (ДД7, ДД8), тригера (ДД9) і схеми збігів ДД10, ДД11.



**Рис.3.** До пояснення тимчасових характеристик системи

Таймер генерує прямокутні імпульси тривалістю 2,5 мкс, з періодом повторення 5 мкс. Генерований радіоімпульс через підсилювач VT4 і T-образний L-C-фільтр надходить на магістраль, по якій також через дросель L1 і обмежувач струму на тріоді VT5 подається "+" напруги живлення від акумулятора.

Після послідовного опитування всіх 26 датчиків з шифратора на регістрах через мікросхеми ДД12, ДД11 замикається генератор VT1 на 40 мкс. Крім того, схема на елементах VD2, C2, R2, VT6 здійснює установку в початковий стан тригер ДД3 і шифратор на регістрах. На цьому цикл закінчується.

### **Висновки**

Розроблена принципова електрична схема системи контролю.

Розроблена структурна схема системи автоматичного контролю може бути реалізована як за допомогою радіоканалу зв'язку «Центральний пульт управління - датчики», так і використанням мережі електроживлення «маса-провід живлення».

Розроблена електрична схема системи контролю може бути конструктивно реалізована у вигляді однієї окремої ідентичною приставки до кожного датчика і загальної приставки до ЦПУ.

Визначено раціональна смуга пропускання системи для радіоімпульсів, що забезпечує максимум відносини сигнал / шум. Визначено часові параметри і характеристики системи.

### **Список використаних джерел**

1. Федоров Ю.И. Автоматизация контроля выполнения технологического процесса на мобильных сельскохозяйственных агрегатах // Исследование рабочих органов сельскохозяйственных машин: Сб. науч. тр.-Москва: ВИСХОМ, 1970. – С. 226–231.
2. Поляшенко С.А., Евтушенко А.В., Влащенко Г.И. Система бескабельного контроля и сигнализации технологического процесса // Вісник інженерної Академії України:

Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве: Сб. науч. тр. – Харьков, ХНПК "ФЭД", 2002. – С. 260–263.

3. Лебедев А. Т., Поляшенко С.А., Шушляпин С.В., Поляшенко В.С. Система контроля технологического процесса на мобильных сельскохозяйственных машинах// Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства // Зб. наук. пр. Вип. 44, т.1 - Харків, ХДТУСГ - 2006

4. Андерсон Т.В. Введение в многомерный статистический анализ. Перевод с английского, – Москва: Физмат. 1963.

5. Румшинский Л.З. Элементы теории вероятностей, - Москва: Наука. 1976.

6. Вальд А. Последовательный анализ. Москва, "Физматгиз", 1960.

7. Ингеренко А.М. и др. Системы многоканальной связи. Москва, "Связь", 1980.

8. Артемьев В.М. Локационные системы роботов. Справочное пособие. Минск "Выща школа", 1988.

9. Бородулин Н. и др. Ультразвуковой преобразователь МУП-I, Журнал "Радио", № 10, 1980.

10. Бокитько В., Бокитько Д., Портативный эхолот. Журнал "Радио", № 10, 1981.

11. Владимирова А., Кормякова А., Любительский эхолот. "Поиск". В помощь радиолюбителю. Сборник. выпуск 80. Москва, ДОСААФ, 1983.

12. Системы осязания и адаптивные промышленные роботы. Под ред. Попова Е.П. Москва "Машиностроение", 1985.

13. Лебедев А. Т., Поляшенко С.А., Поляшенко В.С. Повышение надежности системы бескабельного контроля сельскохозяйственной машины с учётом её помехоустойчивости//Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства // Зб. наук. пр. Вип. 51, - Харків, ХДТУСГ - 2006

## Аннотация

### ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ БЕЗКАБЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Поляшенко С.А., Есипов А.В., Манойло В.М., Шушляпин С.В.,  
Дмитренко А.А.

*Существующие системы контроля разрабатывались применительно к определенной машине и поэтому не имеют универсальность. Недостатком существующих систем контроля является использование в схеме элементов, обладающих малым ресурсом работы. Контроль скорости потока рабочей среды позволяет поднять коэффициент технологической надежности, а так же фактор улучшения качества технологического процесса. Поэтому разработка метода многоточечного бескабельного контроля и сигнализации является актуальной задачей. Разработана принципиальная структурная и электрическая схема системы автоматического контроля, которая может быть реализована как с помощью радиоканала связи «Центральный пульт управления - датчики», так и использованием сети электропитания «масса-провод питания». Электрическая схема системы контроля может быть конструктивно реализована в виде одной отдельной идентичной приставки к каждому датчику и общей приставки к ЦПУ. Первая содержит приемник, выполненный в виде отдельного блока, который подключен к измерительному преобразователю ВП (датчику). Число таких приемников равно числу датчиков. Конструкция и схема приемников идентичны. Приемник настроен на частоту  $f_1$ , а передатчик -  $f_2$ . Принцип действия системы заключается в следующем. Система*



работает циклически. Цикл состоит из последовательности посылок  $n$  радиоимпульсов (их число равно числу датчиков) и времени установки схемы в исходное состояние. Синхронизатор, регулируемый таймер, управляет работой генератора,  $f_1$  шифратора, приемника и схеме сброса. Через один импульс таймера, генератором  $f_1$  направляется радиоимпульс на магистраль. Первый посланный импульс воспринимается дешифратором первого датчика, другой - дешифратором 2-го и т.д. Выходной импульс каждого дешифратора опрашивает триггер состояния своего датчика и в случае предельного значения параметра запускает генератор передатчика  $f_2$ , который генерирует радиоимпульс на магистраль. С магистрали радиоимпульс воспринимается приемником  $f_2$ , детектируется и подается на входы триггеров сигнальной панели, вторые входы которых подключены к выходам шифратора на регистрах. Радиоимпульс, посланный с информацией о нарушении режима, высвечивается с помощью строго соответствующего триггера на сигнальной панели. Соответствующий радиоимпульс  $f_2$  поступает на магистраль, если есть неисправность, вслед за посланным. Если все триггеры показывают нарушение режима, то радиоимпульсы запроса и ответа будут чередоваться через один, и все светодиоды будут мигать. По окончании опроса всех датчиков, несколько тактов таймера выделяется синхронизатором на установку схемы в исходное состояние. Затем цикл повторяется снова. Определены рациональная полоса пропускания системы для радиоимпульсов, что обеспечивает максимум отношения сигнал/шум. Определены временные параметры и характеристики системы.

## Abstract

### IMPROVING THE RELIABILITY OF OPERATING THE AGRICULTURAL MACHINE CONTROL SYSTEM

**S.Polyashenko, O.Yesipov, V.Manojlo, S.Shushlyapin, V. Dmitrenko**

Existing control systems have been developed for a specific machine and therefore do not have versatility. The disadvantage of existing control systems is the use in the scheme of elements that have a low resource of work. Speed control of the working environment allows to raise the coefficient of technological reliability, as well as a factor in improving the quality of the technological process. Therefore, the development of the multi-point controlless signaling and signaling method is an urgent task. The basic structural and electrical scheme of the automatic control system has been developed, which can be implemented both by means of the radio control channel "Central control panel - sensors", and by using the power supply network "mass-wire". The electrical circuit of the control system can be structurally implemented in the form of one separate identical attachment to each sensor and a common attachment to the CPU. The first contains a receiver, made in the form of a separate block, which is connected to the measuring transducer VP (sensor). The number of such receivers is equal to the number of sensors. The design and layout of the receivers are identical. The receiver is tuned to  $f_1$  and the transmitter is  $f_2$ . The principle of the system is as follows. The system works cyclically. The cycle consists of a sequence of parcels  $n$  radio pulses (their number is equal to the number of sensors) and the time of installation of the circuit in its initial state. The timer-controlled synchronizer controls the operation of the generator,  $f_1$  encoder, receiver and reset circuit. After one timer pulse, a radio pulse is sent to the line by the  $f_1$  generator. The first impulse sent is perceived by the decoder of the first sensor, the second by the decoder of the second, etc. The output pulse of each decoder polls the trigger of the state of its sensor and in the case of a limit value of the parameter starts the generator of the transmitter  $f_2$ , which generates a radio pulse to the line. From the line, the

*radio pulse is received by the receiver  $f_2$ , detected and fed to the inputs of the triggers of the signal panel, the second inputs of which are connected to the outputs of the encoder on the registers. The radio pulse sent with the information about the mode disturbance is illuminated by means of a strictly triggered trigger on the signal panel. The corresponding  $f_2$  pulse is sent to the trunk, if there is a malfunction, after being sent. If all triggers show a violation of the mode, then the request and response radio pulses will alternate through one and all the LEDs will flash. After all sensors are polled, a few timer cycles are allocated by the synchronizer to reset the circuit. Then the loop repeats again. The rational bandwidth of the system for radio pulses is determined, which provides the maximum signal-to-noise ratio. Time parameters and characteristics of the system are determined.*